

Agrisost|Vol. 26, No.1, enero-abril 2020: 1-12

ISSN-e: 1025-0247

Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (hma), en el rendimiento del Pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones protegidas

Beatriz Toledo Cabrera¹, Gerardo Montero Limonta², Anieska Bazán Delgado³

¹ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3852-186X>, Empresa de Proyectos e Ingeniería UEB Santiago de Cuba (ENPA), Santiago de Cuba, Cuba, ² Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, ³ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3814-6999>, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

Citación: Toledo Cabrera, B., Montero Limonta, G., & Bazán Delgado, A. (2020). Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (hma), en el rendimiento del Pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones protegidas. *Agrisost*, 26(1), 1-12. Recuperado a partir de <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/e3034>

Recibido: 1 abril 2019

Aceptado : 22 diciembre 2019

Publicado: 28 enero 2020

Financiamiento: no se declara.

Conflictos de interés: no se declaran conflictos de interés

Correo electrónico: adde desarrollo1@enpa.scu.minag.cu

Resumen

Contexto: Los rendimientos del cultivo de pimiento han decrecido en los últimos años por el impacto de diversos factores, dentro de estos, incide la presencia y poca disponibilidad de los nutrientes en el suelo, la no utilización de cepas eficientes de (HMA) en el paquete tecnológico. Al aplicar cepas eficientes de (HMA) en el proceso de nutrición del pimiento, mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo y elevan el rendimiento del cultivo.

Objetivo: Evaluar el rendimiento del pimiento (*Capsicum annum* L.) inoculado con cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en condiciones protegidas.

Métodos: Se empleó la inoculación directa de los microorganismos en el momento del trasplante, en una proporción del 10% con respecto al volumen del cepellón. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, con un testigo sin inocular y tres niveles del factor inoculación con *Rhizophagus intraradices* (INCAN-11), *Glomus cubense* (INCAN-4) y *Funneliformis mosseae* (INCAN-2). El muestreo para las variables fúngicas se realizó en zigzag a lo largo del campo y se evaluaron las variables: % de colonización radical, densidad visual y contenido de espora; además se determinó la altura y el grosor de las plantas y frutos, estos últimos se pesaron para determinar el rendimiento del cultivo.

Resultados: Los mejores resultados se obtuvieron con la cepa *Glomus cubense* (INCAN-4) (T3). Los resultados obtenidos mostraron la eficacia el tercer tratamiento, con el que se logró una rentabilidad de 3.13.

Conclusiones: La de cepas de HMA aplicadas muestran comportamiento favorable en los indicadores evaluados: crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo. Con la aplicación de la cepa *G. cubense* (INCAN-4) se obtuvieron los mejores resultados con sobre el rendimiento del pimiento (*Capsicum annum* L.).

Palabras clave: pimiento, inoculación, hongos micorrízicos arbusculares, simbiosis, rendimiento.

Effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (amf), on Pepper yield (*Capsicum annum* L.) under protected conditions

Abstract

Context: Pepper crop yields have declined in recent years due to the impact of various factors, within these, the presence and low availability of nutrients in the soil, the non-use of efficient strains of (HMA) in the technological package. By applying efficient strains of (HMA) in the pepper's nutrition process, it improves the availability of nutrients in the soil and increases crop yield.

Objective: To evaluate the yield of pepper (*Capsicum annum* L.) inoculated with efficient strains of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) under protected conditions.

Methods: Direct inoculation of the microorganisms was used at the time of transplantation, in a proportion of 10% with respect to the root ball volume. The experimental design was completely randomized, with four treatments and four

repetitions, with an uninoculated control and three levels of the inoculation factor with *Rhizophagus intraradices* (INCAN-11), *Glomus cubense* (INCAN-4) and *Funnelformis mosseae* (INCAN-2). The sampling for the fungal variables was performed in zigzag throughout the field and were evaluated the variables: % of radical colonization, visual density and spore content; In addition, the height and thickness of the plants and fruits were determined, the latter were weighed to determine the crop yield.

Results: The best results were obtained with the *Glomus cubense* strain (T3). The data obtained were processed in the ANOVA statistical package, using a simple variance analysis, applying Duncan's multiple means comparison test for $p \leq 5$. The results obtained showed the efficacy of the third treatment, with which a profitability of 3.13 was achieved.

Conclusions: The one of HMA strains applied shows favorable behavior in the evaluated indicators: growth, development and crop yield. With the application of the *G. cubense* strain, the best results were obtained with the pepper yield (*Capsicum annum* L.).

Key words: pepper, inoculation, arbuscular mycorrhizal fungi, symbiosis, yield.

Introducción

El cultivo de pimiento es uno de los más importantes en el sector hortícola de Cuba, pero los rendimientos del mismo han decrecido en los últimos años por diversos factores, siendo los de mayor impacto: las limitaciones del agua, el uso inapropiado de fertilizantes químicos y la poca disponibilidad de nutrientes en el suelo.

En Cuba, el pimiento es uno de los cultivos hortícolas bajo invernadero con mayor superficie cultivada. La demanda en los mercados de pimientos frescos durante todo el año ha crecido espectacularmente y esto ha traído como consecuencia un incremento en el desarrollo de este cultivo en condiciones protegidas. En el año 2017 la producción de pimiento en Cuba fue de 70 202 toneladas. Según datos de la ONEI 2016 en la provincia Santiago de Cuba el rendimiento del cultivo del pimiento en el Sector Estatal en el año 2016 fue de 156.7 t/ha, y en el caso particular de la unidad de cultivo protegido Campo Antena, el rendimiento promedio de la variedad Lucumone fue de 30,5 t/ha.

Hoy día, a nivel mundial, el cultivo protegido se reconoce como una tecnología agrícola de avanzada, que puede influir eficazmente en la producción de hortalizas frescas durante todo el año. Los rendimientos en hortalizas alcanzados por algunos de los proyectos de tecnología de cultivo protegido existentes en el país representan un importante salto cuantitativo y cualitativo en relación con los que se logran a campo abierto (Casanova et al., 2007).

Las instalaciones de cultivo protegido aseguran altos rendimientos y suministros estables. La utilización de productos que ejercen funciones biorreguladoras y bioestimuladoras en el crecimiento de los cultivos constituye la base de la fertilidad del suelo (Rodríguez et al., 2011).

El empleo de microorganismos en el control biológico de enfermedades, como bioestimulantes y biofertilizantes, constituye una alternativa sostenible para el manejo integrado de los cultivos. Se han

aislado diversas especies microbianas que son utilizadas en la agricultura por su efecto antagonista. Jiménez, Ramírez & Mena (2014) aislaron las cepas *Bacillus subtilis* F16/95, *B. subtilis* Xph y *Pseudomonas putida* 14A de la rizosfera de la papa (*Solanum tuberosum* L.), del maíz (*Zea mays* L.) y de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En sus experimentos evaluaron que estas cepas, ejercen efecto antagonista en el control biológico de la mancha bacteriana de las cucurbitáceas, la mancha bacteriana del fruto de melón y la pudrición de la raíz, provocadas por *Xanthomonas cucurbitae*, *Acidovorax avenae* sub sp. *citrulli* y *Fusarium oxysporum*, respectivamente (Jiménez, Mena & Ramírez, 2014).

Una de las alternativas para incrementar la producción agrícola es la aplicación de biofertilizantes producidos a partir de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los que al establecer la simbiosis con las raíces de las plantas desempeñan importantes funciones, pues contribuyen de forma más eficiente a la supervivencia y el crecimiento de los cultivos, además de reducir los efectos de estrés asociados con la nutrición y las relaciones con el agua. En este sentido, la formación de micorrizas juega un papel importante en el crecimiento de las plantas en condiciones de estrés hídrico (Montero, Duarte, Cun & Cabrera, 2010).

También pueden aumentar la tolerancia de las plantas a diversos factores de estrés abióticos, tales como sequía, niveles excesivos de elementos tóxicos, salinidad y desequilibrios o deficiencias de nutrientes. Algunas hortalizas que en su inicio requieren una etapa de vivero, como es el caso del chile (*Capsicum annum* L.), pueden tener beneficios por la inoculación de HMA.

Dentro de las alternativas nutricionales, los biofertilizantes, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), han sido muy eficientes como sustitutos del fertilizante mineral y a su combinación con materia orgánica, se le atribuye una mayor eficacia, por tener un efecto sinérgico (Charles & Martín, 2015).

En los experimentos realizados por Bell-Mesa, Osoria-Galan, Montero-Limonta & Molina-Lores, (2017), se obtuvieron resultados favorables en los indicadores germinación, altura de las plantas, grosor del tallo, conteo de supervivencia, colonización y densidad visual, al aplicar la cepa *Glomus cubense* (INCAN-4) sobre plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.).

En estudios previos de análisis químicos realizados al suelo, en la unidad de cultivos protegidos “Campo Antena”, perteneciente a la Empresa Estatal Socialista América Libre, en Santiago de Cuba, se determinó la poca disponibilidad de nutrientes, provocando una disminución en la productividad del cultivo de pimiento.

Por lo antes expuesto, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de diferentes cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre el rendimiento del pimiento (*Capsicum annuum* L.).

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el Municipio Santiago de Cuba, en la Unidad de Cultivo Protegido “Campo Antena”, coordenadas X: 607547.321; Y: 156420.837 y altitud 45.5m, perteneciente a la Empresa Estatal Socialista América Libre, en el periodo de Noviembre a Febrero. La entidad se encuentra ubicada en la Autopista Nacional, Santiago de Cuba, Km. 3 ½, Santa María.

Las características del suelo para el experimento con el pH neutro tendiendo a ser ligeramente básico, presentó contenido bajo de materia orgánica (MO). El fósforo fue medio, los contenidos de K, Ca²⁺, Mg²⁺ y sodio (Na⁺) tuvieron valores de medio a altos para este suelo, sin embargo, el Na⁺ solo ocupó el 1% del complejo de intercambio, por lo que no manifiesta efectos adversos sobre los cultivos. Todas las evaluaciones se hicieron según las tablas de interpretación de análisis de suelo (Paneque et al., 2010).

Tabla 1. Características químicas del suelo (0-20 cm de profundidad).

pH en (H ₂ O)	MO (%)	P (mg Kg ⁻¹)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
7.1	2,3	176	(cmol Kg ⁻¹)			
			0,56	0,61	16,3	12,5

pH en H₂O por método potenciómetro; relación suelo/solución de 1:2,5; MO (materia orgánica) Walkley-Black, P: solución 0.1 N de H₂SO₄ con relación suelo-solución 1: 2,5, Cationes NH₄Ac a pH 7 según (Paneque et al., 2010).

Diseño experimental.

Se empleó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se estudió

un nivel de testigo sin inocular, otros tres de factor inoculación con las cepas *Rhizophagus intraradices* (INCAN-11), *Glomus cubense* (INCAN-4) y *Funneliformis mosseae*. (INCAN-2)

El diseño experimental se realizó en cuatro casas de cultivo protegido, las cuales poseían condiciones análogas para el experimento.

Características del cultivo y del área a sembrar.

1. Cultivo: Pimiento variedad híbrida (v.h.): Locumone.

2. Etapa evaluada: Trasplante a producción final.

3. Área experimental: Se utilizaron para cada tratamiento una casa de cultivo protegido de 0,08ha para un total de área experimental de 0,32ha.

Manejo de la plantación.

Trasplante.

Previo al trasplante se aplicó un riego al área de plantación para garantizar la humedad adecuada en el terreno y así evitar el estrés de las plántulas. Una vez plantadas se aplicó un riego ligero sin incorporación de nutrientes para garantizar una adecuada humedad alrededor de las raíces y evitar los espacios de aires entre el cepellón y el suelo circundante, para que se beneficie el rápido desarrollo radical de las plántulas. Se utilizaron plántulas de 32 a 36 días de sembradas, con una altura media de 12 cm, 6 hojas verdaderas y un grosor del tallo de 3 mm.

El trasplante se realizó en las primeras horas de la mañana para evitar en lo posible el estrés hídrico de la plántula, al mismo tiempo se hicieron agujeros más grandes que el cepellón de la plántula, antes de colocar la misma se aplicó el inoculante y una vez colocada la postura se presionó ligeramente el suelo a su alrededor con la finalidad de fijar su sistema radicular.

Densidad y marco de plantación.

El marco de plantación fue 1.20 m x 0.80 m.

Estrés hídrico postrasplante.

Posterior al primer riego después del trasplante, la plantación se sometió a un estrés hídrico durante los primeros 15 días (ddt), siempre monitoreando la humedad existente con el objetivo de favorecer el desarrollo radical de la planta y un adecuado arraigue de la misma. Posterior a este periodo comenzaron los fertirriegos según tecnología, solo provocándole un

estrés a la plantación cuando esta emitía más del 75% de un plano floral.

Tutorado.

La plantación se condujo culturalmente a tres tallos lográndose un total de 5700 vástagos los cuales fueron tutorados de manera tecnificada, se trabajó a un fruto por axila, con el objetivo de mejorar la aireación general de la planta, favorecer el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales, lo que repercutió en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

Poda.

Luego del trasplante se establecieron durante el ciclo vegetativo del cultivo tres tipos de poda bien diferenciadas:

Poda de frutos.

Una primera poda se realizó para eliminar el fruto formado en la primera bifurcación de la planta a fin de beneficiar su crecimiento y desarrollo. Se efectuó generalmente en las plantas poco exuberantes, con el fin de dejar un fruto por rama para buscar frutos de mayor calidad comercial. Se realizaron otras podas para eliminar los frutos deformados, dañados y pequeños, no comerciales.

Poda de formación.

Se suprimieron los brotes por debajo de la primera bifurcación de la planta a los, garantizando que estos nuevos brotes no establezcan una competencia por espacio, agua y nutrientes a la planta en desarrollo.

Poda de aclareo.

Se eliminaron las ramas no productivas, dejando solo los tallos y ramas productivas, esto se realizó después que la planta emitió el primer fruto y por debajo de estos últimos con el objetivo de que quedaran protegidos de posibles quemaduras por el sol o afectaciones de plagas, y así garantizar la calidad del fruto.

Deshoje.

Esta labor se realizó con el objetivo de eliminar las hojas dañadas, enfermas o caducas de la planta a través de todo su ciclo vegetativo.

Decapitado.

Después de definido el ciclo del cultivo, de 20 a 30 días antes de su demolición, se realizó el decapite de

todas las yemas apicales de la planta en función de favorecer el peso y calidad de los frutos.

Cosecha y postcosecha.

Se determinó el momento óptimo para efectuar las cosechas a los 70 días después del trasplante, que fue cuando el fruto tuvo buena consistencia y alcanzó la madurez técnica, es decir, cuando el pimiento está verde rayón. Se realizó la cosecha en horas tempranas de la mañana y en las últimas de la tarde y se realizó con tijeras y cuchillos a fin de evitar desgarraduras o daños en frutos y plantas. Después de la cosecha, los frutos se manipularon siempre con mucho cuidado, para garantizar su calidad comercial.

Tratamientos aplicados en las casas de cultivos protegidos.

1 -Testigo (sin inocular)

2 –*Rhizophagus intraradices* (INCAN-11)

3 –*Glomus cubense* (INCAN-4)

4 –*Funneliformis mosseae* (INCAN-2)

Selección de cepas eficientes.

Previo al proceso de selección de las cepas se realizó un conteo de esporas nativas de HMA, este muestreo se efectuó en zigzag en las cuatro casas de cultivo destinadas al experimento y se evaluaron por la metodología de Phillip & Hayman (1970). En el laboratorio se determinó un contenido de 652 esporas por 100g de suelo, resultado que demostró el bajo contenido de esporas y por tanto la necesaria utilización de cepas eficientes de HMA, por esta razón, se seleccionaron las cepas antes mencionadas por su eficiencia en otros cultivos.

Los inoculantes micorrízicos que se utilizaron en el experimento son procedentes de la colección de HMA del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), y se mencionan a continuación:

- *Glomus intraradices*, actualmente reclasificada como *Rhizophagus intraradices* por Schüßler & Walker (2011)
- *Glomushoi-like* renombrada actualmente como *Glomus cubense* según (Rodríguez et al., 2011)
- *Glomus mosseae* reclasificada como *Funneliformis mosseae* por los autores anteriores.

Estas cepas se encontraban conservadas en un sustrato desarrollado para estos fines por el laboratorio de micorrizas del INCA (Registro de

patente No. 2264) a 4°C. Los inóculos de HMA utilizados en el experimento poseían un título promedio de 50 esporas g⁻¹ de suelo fresco, certificado en el Laboratorio de Micorrizas del INCA.

Método de inoculación en el momento del trasplante.

Se usaron las cepas eficientes de HMA con relación al volumen del cepellón, aplicándose en cada tratamiento una proporción del 10% del recubrimiento de los cepellones en el momento del trasplante.

Una vez terminado el ciclo productivo del cultivo se recogieron las raíces con mucho cuidado para proteger la mayor cantidad de raicillas, con el objetivo de proteger los pelos absorbentes y obtener la mayor cantidad posible de información.

Colonización radical.

Las raicillas muestreadas se lavaron con agua corriente, para eliminar todo el suelo y se secaron al aire. Se tomaron las raicillas más finas y se desmenuzaron. Para las determinaciones se pesaron aproximadamente 200 mg de raicillas que fueron secadas a 70°C, para ser teñidas según la metodología descrita por Phillips & Hayman (1970). La evaluación se realizó por el método de los interceptos, desarrollado por Giovanetti & Mosse (1980), mediante el cual se determinó el porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de colonización. Una vez tomada la muestra y analizadas se calcularon los datos según la fórmula para transformar los datos en % de colonización.

$$\% \text{ Col} = \frac{\sum (1-5)}{\sum (0-5)} \times 100$$

Densidad Visual.

La determinación del índice de densidad visual (DV) se realizó por la metodología de Trouvelot et al. (1986), mediante la cual se evaluó la ocupación fúngica de cada intercepto y se le asignó un nivel. Posteriormente se realizó el cálculo según la fórmula: $DV = \Sigma A / \Sigma Z$.

Donde: Z es la sumatoria del número de los interceptos contados en cada nivel y A es el resultado de la multiplicación del número de los interceptos contados en cada nivel (Z), por el porcentaje de ocupación observada.

Contenido de esporas (número de esporas por gramo de suelo seco).

El conteo de esporas (u) número de esporas por gramo de suelo seco, se realizó en muestras de 50 g de suelo de la rizosfera de las plantas colectadas, según el método de extracción descrito por Gerdemann & Nicolson (1963), modificado por Herrera, Ferrer, Furrázola & Orozco (1995), basado en el tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo. Las esporas se colectaron sobre una malla de 40 µm de apertura, se separaron por centrifugación con sacarosa y Tween 80 y posteriormente se observaron en un estereomicroscopio óptico (20 - 40x).

Altura de la planta.

Las mediciones de altura se efectuaron en 20 plantas por réplicas para un total de 80 por tratamiento, se realizó a los 15, 36 y 57 DDT la primera medición con una regla y luego con una cinta métrica.

Diámetro del tallo (mm).

Las mediciones del diámetro del tallo se hicieron en su base, con ayuda del Pie de Rey (marca Mitutoyo 530 - 114 - 200 mm). Al igual que las evaluaciones de la altura, el diámetro del tallo se evaluó en la fase de trasplante definitivo en tres momentos: a los 15, 36 y 57 días después del trasplante, en 20 plantas por réplicas para un total de 80 por tratamiento,

Altura promedio de los frutos (cm).

La altura del fruto se midió con la ayuda del Pie de Rey en la primera cosecha a los 70 días después del trasplante.

Diámetro ecuatorial promedio de los frutos (cm).

El diámetro del fruto se midió con la ayuda del pie de Rey en la primera cosecha, a los 70 días después del trasplante.

Masa fresca promedio del fruto (g. fruto⁻¹).

La masa fresca del fruto se realizó en la primera cosecha a los 70 días después del trasplante (d/d/t) con la ayuda de una pesa digital Sartorius BSA1245.

Para hallar el rendimiento de cada tratamiento se tuvo en cuenta el peso promedio en gramos de los frutos y se multiplicó por el total de frutos por plantas y por el total de plantas de cada tratamiento y el resultado se convirtió en toneladas por hectáreas.

Para la valoración económica se tuvieron en cuenta todos los costos y gastos incurridos en la etapa del experimento, directos e indirectos a la producción insumos como la utilización de los fertilizantes para el fertirriego, semillas, materia orgánica y el

tratamiento con biofertilizantes como *Beauveria bassiana*, hongos micorrizicos arbusculares para estimular el proceso de desarrollo y crecimiento del cultivo y el rendimiento productivo del pimiento. La valoración económica de los resultados, se realizó según la metodología propuesta por la Gregersen & Contreras (1980), evaluando los siguientes indicadores:

-Costo de producción (CP) en \$/ha

CP= de todos los gastos incurridos (directos e indirectos)

-Ganancia (G) en \$/ha

G= VP – CP

Donde Valor de la Producción (VP)

VP (\$/ha) = rendimiento * precio de venta

-Rentabilidad (R).

R= G/ CP

-Costo por peso de producción (Cv) en \$

Cv= g /VP

Dónde: g= gastos totales (\$) o gastos de producción, equivalente a CP

-Costo unitario (Cu) en \$

Cu= CT / PF

-CT= Costo total (CP) en \$/ha

-Rendimiento (R)

R= producción total /área total

-PF= Producción física (Rendimiento total en t/ha)

El valor de la producción (VP) se determinó considerando los precios del listado oficial de Acopio Mayorista del año 2016 y la calidad del producto.

Para el cálculo de estos indicadores, se utilizó como información básica la siguiente:

Precios de venta de biofertilizantes (\$ kg ⁻¹), según listado de Precios del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA))	
HMA	\$25,0
<i>Beauveria bassiana</i>	\$ 20,0
Precios de producto acopiado (\$ miles), según Listado Oficial de Precios MINAG	
Postura de Pimiento	\$3,040
Tarifas de preparación de suelos y plantación (\$ ha ⁻¹)	
Boyero (Rotura, Grada)	\$176.90
Marcar y levantar canteros	\$286.50
Precios de las semillas adquiridas (\$ kg ⁻¹), según Listado Oficial de Precios de Semillas del MINAG	
Semillas de pimiento	\$258.46
Precios de la materia orgánica (\$ casa ⁻¹), según Listado Oficial de Precios	
Humus (0,32 ha)	\$600,00
Cachaza (0,32 ha)	\$1000,00
Precios de los fertilizantes y consumo de agua (\$ casa ⁻¹), según Listado Oficial de Precios	
Consumo total de fertilizante en el periodo	\$1546.32
Consumo total de agua en el periodo	\$514.80
Precios de electricidad y teléfono de gastos de casa de cultivos (\$ casa ⁻¹)	
Electricidad y teléfono	\$500,00
Precio de venta de los pimientos por categoría	
Primera	\$ 6.00 kg
Segunda	\$ 4.00 kg
Tercera	\$ 3.00 kg

Análisis estadístico

Los datos experimentales para cada variable propuesta, fueron sometidos al paquete estadístico Statgraphics, Centurion. XV.v15.2.14 y al análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA), las comparaciones de las medias se realizaron según la prueba de rango múltiple de Duncan para $p \leq 0,05$. La valoración económica de los tratamientos se realizó según la metodología de la Gregersen & Contreras (1980). Los datos obtenidos fueron procesados en el paquete estadístico ANOVA, mediante un análisis de varianza simple, aplicándose la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan para $p \leq 0,05$.

Resultados y discusión

La Unidad de Cultivo Protegido Campo Antena cuenta con una extensión de 1.52 ha, donde están ubicadas 23 casas de cultivos, teniendo cada una de ellas las características siguientes: el área total de cada casa 800 m², con 40 m de largo y 20 m de ancho. Cada casa consta de 10 canteros con una hilera cada uno, el marco de plantación es de 1.20 m x 0.80 m y el número de plantas totales por casa es de 1900.

Comportamiento de los HMA en el cultivo.

La frecuencia de colonización y densidad visual en las tres cepas se manifestó el funcionamiento fúngico respecto al testigo y se evidenció una marcada tendencia a valores superiores de estos indicadores para *Glomus cubense* (INCAN-4) con (54,5 y 3,35) y *Rhizofagus intraradices* (INCAN-11) con (41,5 y 1,19) respectivamente, destacándose *Glomus cubense* (INCAN-4) (Tablas 2 y 3). Estos resultados pueden estar determinados por el pH en que se desarrolló el proceso, el cual es más adecuado para estas cepas. Los valores pudieron estar dados por la capacidad que tienen las cepas eficientes de HMA para establecer un diálogo molecular con el macrosimbionte que está en estrecha relación con el tipo de suelo.

Tabla 2. Intensidad de colonización.

Intensidad de colonización (%)	ES _x : 0.1644
Testigo sin inocular	15,7d
<i>Rhizofagus intraradices</i> (INCAN-11)	41,5b
<i>Glomuscubense</i> (INCAN-4)	54,5a
<i>Funneliformis mosseae</i> (INCAN-2)	24,4c

Tabla 3. Índice Densidad visual.

Índice Densidad Visual	ES _x : 0.1854
Testigo sin inocular	0,23d
<i>Rhizofagus intraradices</i> (INCAN-11)	1,19b
<i>Glomus cubense</i> (INCAN-4)	3,34a
<i>Funneliformis mosseae</i> (INCAN-2)	0,37c

En estudios realizados por P.J. Rivera et al. (2015) se hace referencia a la importancia del ambiente edáfico y del pH sobre la efectividad de cepas de HMA, dicho trabajo presenta un resumen de 39 experimentos de campo, donde se comparó la eficiencia de varias de cepas de HMA al ser inoculadas de forma simple en un grupo amplio de cultivos y de suelos. Los suelos en que se ejecutaron los experimentos presentaron un amplio rango de pH-H₂O entre 4.7 y 7.3 y contenidos de Ca intercambiable entre 3.5 y 37.2 cmol_c.kg⁻¹ en los primeros 20 cm de profundidad, el pH y el Ca intercambiable presentaron los mayores coeficientes de correlación con la efectividad de las cepas de HMA, de forma tal que: *R. intraradices* (INCAN-11) presentó la mayor efectividad a pH > 7, la cual fue disminuyendo con el descenso del pH y presentando muy bajos efectos a pH 4.8. Por el contrario *F. mosseae* (INCAN-2) presentó la mayor efectividad a

pH de 4.8 y disminuyendo al incrementar el pH, con muy bajos efectos a pH>7. *G. cubense* (INCAN-4) si bien presentó la mayor efectividad a pH entre 5.8 y 6.5, también alcanzó un comportamiento intermedio en el resto de los pH estudiados.

Por otra parte Ruth et al. (2011), al analizar los indicadores del comportamiento de la simbiosis micorrízica en el cultivo del pimiento, observó un efecto positivo de la inoculación con las cepas de HMA sobre el porcentaje de colonización de las raíces de las plantas y la densidad visual; los mayores valores se obtuvieron con la cepa *G. cubense*. (INCAN-4). Se demostró que la riqueza del suelo influye sobre la eficiencia de la micorrización, con una alta disponibilidad de nutrientes, ésta se inhibe.

Tabla 4. Cantidad de esporas (número de esporas por gramos de suelo seco).

Cantidad de esporas (número de esporas por gramos de suelo seco)	
Testigo sin inocular	45d
<i>Rhizofagus intraradices</i> (INCAN-11)	52b
<i>Glomus cubense</i> (INCAN-4)	58a
<i>Funneliformis mosseae</i> (INCAN-2)	48c

De manera general existió un incremento del número de esporas en los tratamientos inoculados y con respecto al testigo sin inocular (Tabla 4), destacándose el tratamiento 3, este resultado pudo estar influenciado por el pH en la solución acuosa del suelo, pues en este sistema de cultivo se le realizan ajustes al agua de riego que pueden modificar el pH del mismo. De igual modo pudieron influir la atmósfera del suelo y el nivel de la fertilidad del mismo, analizados en un periodo de 70 días después del trasplante donde la planta efectúa una mayor actividad fisiológica.

Resultado similar lo obtuvo Montero et al. (2010), al evaluar la cantidad de esporas al inicio (antes del trasplante) y después de la cosecha bajo los dos niveles de humedad establecidos, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos de micorrizas en comparación con el testigo sin inocular en organopónico.

Este indicador logró reflejar los efectos de la inoculación de estos microorganismos, no solo expresado en los porcentajes de colonización, densidad visual, sino también en un mayor número de esporas en la rizosfera de las plantas que le permitió realizar una mayor ocupación del nicho ecológico.

Rivera et al. (2001) considera que otro factor determinante en la efectividad simbiótica lo constituye el tipo específico de suelo o sustrato, o más aún las concentraciones o el equilibrio de nutrientes en la solución del suelo, la velocidad de mineralización de la materia orgánica, la capacidad

de intercambio catiónico (CIC) y en especial los niveles de Ca^{++} .

El uso de microorganismos benéficos como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), ha cobrado interés como alternativa para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas, disminuyendo la aplicación de fertilizantes al agroecosistema. Los HMA son capaces de incrementar la absorción de nutrimentos (N, P, K, Ca, Cu, Mg, Mn, Zn, entre otros), esto debido a que incrementan el área de exploración radical a través de la extensión de sus hifas en el suelo. No obstante, los efectos benéficos de los HMA en el cultivo del pimiento pueden variar de acuerdo con las cepas de HMA empleadas (Alonso et al., 2013).

Estos resultados son comparables con los de González et al. (2008) al demostrar que los tratamientos inoculados con *G.cubense* (INCAN-4) mostraron porcentajes de colonización micorrízica, densidad visual y no de esporas en la rizosfera significativamente mayores que los no inoculados para suelos pardos sin carbonatos. Esto corroboró la efectividad de esta cepa para alcanzar, al menos en las condiciones de este experimento, niveles de ocupación radical mayores que los HMA nativos.

Crecimiento de las plantas.

Tabla 5. Altura de la planta.

Altura de la planta (m)			
Mediciones	Primera medición (15 ddt)	Segunda medición (36 ddt)	Tercera medición (57 ddt)
Testigo sin inocular	0,32d	0,59d	1,18d
<i>Rhizofagus intraradices</i> (INCAN-11)	0,41b	0,64b	1,41b
<i>Glomus cubense</i> (INCAN-4)	0,47a	0,78a	1,63a
<i>Funneliformis mosseae</i> (INCAN-2)	0,36c	0,64c	1,19c
Nota: Medias con letras diferentes tienen diferencias significativas ($p \leq 0,05$)			
ES _x	0,4507	0,8734	0,0121

Tabla 6. Grosor de la planta.

Grosor del tallo de la planta (mm)			
Mediciones	Primera medición (15ddt)	Segunda medición (36ddt)	Tercera medición (57ddt)
Testigo sin inocular	4,9	9,3	13,9
<i>Rhizofagus intraradices</i> (INCAN-11)	9,4	14,2	19,1
<i>Glomus</i>	10,5	18,1	22,6

<i>cubense</i> (INCAN-4)			
<i>Funneliformis mosseae</i> (INCAN-2)	7,9	12,4	16,4
ES _x	0,1368	0,1948	0,225

Las tablas 5 y 6 muestran que el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares en las variables de crecimiento, fue superior en los tratamientos micorrizados comparado al testigo sin inocular. El mayor crecimiento en las plantas se registró con los tratamientos inoculados con *R. intraradices* (INCAN-11) y *G. cubense* (INCAN-4), los resultados con esta última cepa fueron superiores, pues la altura promedio fue de 0.47, 0.79 y 1.61 m y el grosor promedio del tallo fue de 12, 19 y 22.7 mm a los 15, 36 y 57 días después del trasplante (ddt) respectivamente.

Resultados similares lo obtuvo Angulo et al. (2018), en algunos parámetros de crecimiento global evaluados en el pimiento Bell Pepper y en el chile jalapeño, respectivamente. Se observa que los tratamientos inoculados con HMA mostraron mayor altura de planta en ambos cultivares de chile; en el pimiento Bell Pepper, el tratamiento con H1 fue superior ($p \leq 0,05$) a los demás tratamientos, mientras que, en el chile jalapeño, los tratamientos H1 y H3 llevaron a una mayor altura de planta.

Angulo et al. (2018) en sus investigaciones refiere que los HMA son importantes en la agricultura ecológica por los beneficios que tienen al establecer una simbiosis con la planta actuar como movilizadores de agua y nutrientes, entre ellos fósforo, cinc y cobre, y como agentes de control biológico.

Estos resultados son comparables con los descritos por R. Rivera et al., (2015), en cuyo trabajo refiere que el diámetro y altura del tallo como un parámetro que permite conocer el vigor de la planta, manifestó diferencias estadísticas entre las cepas estudiadas, resultando mayor el efecto con *G. cubense* (INCAN-4) con relación a *G. mosseae* (INCAN-2) y al testigo. De manera general, en su investigación se observa un crecimiento de tallo diferenciado en el momento del muestreo, las plantas tuvieron respuestas a la inoculación con las diferentes especies de HMA, se observó un efecto diferenciado entre las cepas, y se obtuvieron los mayores incrementos en altura y diámetro del tallo con la inoculación de *G. cubense*. Otro aspecto que también influyen sobre el proceso de crecimiento y desarrollo del cultivo es la capacidad que poseen los HMA de exudar compuestos que estimulan la actividad microbiana en el nicho ecológico.

Asimismo, Alonso et al. (2013) destaca que el efecto observado de los HMA en el incremento del diámetro del tallo en plantas de *Capsicum annuum* L. puede ser resultado de una mayor eficiencia en la absorción nutricional, principalmente P, de las plantas micorrizadas con respecto a las testigos. Las plantas micorrizadas crecen mejor que las no micorrizadas en suelos infértiles, por producir un incremento en la nutrición mineral a través de las hifas, quienes ayudan a explorar un mayor volumen de suelo que los pelos radiculares de las mismas plantas facilitando el crecimiento de la planta.

Los resultados obtenidos por Charles & Martín (2015) en el cultivo del tomate, describen el comportamiento de la altura de las plantas a los 30 y 45 días de trasplantadas. Al valorar la altura de la planta a los 30 días, después de trasplantadas, se encontró que los tratamientos 9 (50 % fertilizante mineral + humus + HMA), 13 (100 % fertilizante mineral + humus + HMA), 14 (100 % fertilizante mineral + sin humus + HMA), y 15 (100 % fertilizante mineral + humus + sin HMA), no presentaron diferencia significativos entre ellos, debido al efecto que producen los HMA a la disponibilidad de los nutrientes.

Variables del crecimiento

Tabla 7. Altura del fruto (cm).

Altura promedio del fruto (cm)	
Testigo sin inocular	6,6d
<i>Rhizofagus intraradices</i> (INCAN-11)	10,2b
<i>Glomus cubense</i> (INCAN-4)	14,2a
<i>Funneliformis mosseae</i> (INCAN-2)	7,2c

Tabla 8. Diámetro ecuatorial del fruto (cm).

Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	
Testigo sin inocular	5,4d
<i>Rhizofagus intraradices</i> (INCAN-11)	8,1b
<i>Glomus cubense</i> (INCAN-4)	10,1a
<i>Funneliformis mosseae</i> (INCAN-2)	5,9c

Los tratamientos con aplicación de HMA presentaron un buen comportamiento respecto al testigo sin inocular (Tablas 7 y 8), destacándose el T3 con los mejores valores, esto evidencia que la interacción de los simbiontes provoca mejoras en el desarrollo del pimiento.

Al analizar fisiológicamente el comportamiento productivo de cualquier especie vegetal de interés agrícola, se aprecia que los incrementos de las variables de crecimiento y el rendimiento están estrechamente relacionados con los procesos fotosintéticos que ocurren en las hojas, por lo que es de vital importancia el análisis de las variables morfológicas vinculadas a este proceso. R. Rivera et al. (2015) señala las ventajas de la inoculación con cepas eficientes de HMA, pues esta alternativa

nutricional estimula el crecimiento aportando así mayores beneficios nutricionales y de protección contra patógenos del suelo.

Tabla 9. Peso en gramos de los frutos (g).

Peso del fruto en gramos (g)	
Testigo sin inocular	153,7d
<i>Rhizofagus intraradices</i> (INCAN-11)	261,58b
<i>Glomus cubense</i> (INCAN-4)	317,6a
<i>Funneliformis mosseae</i> (INCAN-2)	172,7c

Los tratamientos 2 y 3 resultaron ser los de mejor comportamiento con valores de 261.58 gramos y 317.6 gramos respectivamente, siendo el T3 el que mejor resultado mostró (Tabla 9). Los tratamientos 1 y 4 presentaron menores valores, esto pudo estar directamente relacionado en el caso del tratamiento 1 (tratamiento testigo) con la disponibilidad y consumo de los nutrientes del extracto acuoso saturado del suelo utilizado durante el proceso, lo que influyó en las acumulaciones de sales o déficit de nutrientes afectando el desarrollo y rendimiento de la planta. Para el tratamiento 4 (*F. mosseae*), el resultado pudo estar determinado por el ambiente edáfico que no permitió la competitividad de la misma respecto a la biota del lugar.

Waterer y Colman (1988) señalan que las inoculaciones con hongos micorrízicos arbusculares promueven la floración y fructificación de las plantas de pimentón, al mejorar la absorción de P, también los HMA pueden influenciar la floración alterando el balance hormonal del hospedero e incrementan la producción de materia seca total y el rendimiento de los frutos.

Los hongos micorrízicos arbusculares constituyen un insumo microbiológico promisorio para el desarrollo de una agricultura sostenible, su papel en el funcionamiento de los ecosistemas y su potencial como fertilizantes biológicos, son quizás motivos suficientes para considerarlos como uno de los componentes importantes en la agroecología moderna (Rivera et al., 2007 y Gamboa 2015).

Tabla 10. Rendimiento (t/ha).

Rendimiento del cultivo en toneladas por hectáreas (t/ha)	
Testigo sin inocular	43,75
<i>Rhizofagus intraradices</i> (INCAN-11)	73,75
<i>Glomus cubense</i> (INCAN-4)	90
<i>Funneliformis mosseae</i> (INCAN-2)	48,75

Este efecto de mayor número de esporas experimentado por las plantas de pimiento tratadas con HMA provocó que las plantas de este tratamiento tuvieran un mejor estado hídrico como beneficio de la simbiosis con respecto a las plantas testigo, resultando más significativa la diferencia al final del ciclo del cultivo.

En cuanto a los rendimientos (Tabla 10) los tratamientos 3 y 2 resultaron ser los de mejor comportamiento, este último valor superó la media nacional, lo que demuestra que para las condiciones en que se desarrolló el experimento, los mejores resultados se obtuvieron con la inoculación de HMA con respecto al testigo.

Por su parte, Netto (2008) indicó que el beneficio más evidente de los HMA está en su papel sobre la nutrición de las plantas, provocado por un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes, flujo de masa o difusión, representado en los efectos sobre el crecimiento y la producción de las plantas.

Tabla 11. Valoración económica de los resultados.

T	CT	VP	G	R	Cv	Cu
1	6.262	9.100	2.837	0.45	0.31	1.789
2	6.312	19.072	12.759	2.02	0.66	1.059
3	6.309	26.064	19.754	3.13	0.75	0.871
4	6.309	11.397	5.087	0.80	0.44	1.605

T: Tratamientos

C.T: Costo total

V.P: Valor de la Producción

G: Ganancia

R: Rentabilidad

Cv: Costo variable

Cu: Costo unitario

El tratamiento 3 (*G. cubense*) (INCAN-4) tuvo los mejores indicadores económicos, con una rentabilidad de 3.13, lo que significa que por cada peso de costo la empresa ganó \$3.13. El segundo tratamiento (*R. intraradices*) (INCAN-11) se comportó positivamente, alcanzando un margen de ganancia de doce mil setecientos cincuenta y nueve pesos. Estos resultados demuestran que el uso de los biofertilizantes y adecuadas cantidades de fertirriego en la producción agrícola resultan eficientes tanto en términos de cuidar los agroecosistemas como en ganancias económicas. Los cuatro tratamientos presentaron buenos indicadores económicos, sin embargo, a pesar de los bajos rendimientos de los

tratamiento 1 y 4, no se evidenciaron pérdidas monetarias.

Los HMA han demostrado ser eficientes en los sistemas de explotación agrícola, pues en estudios realizados se evidencian resultados satisfactorios en distintos cultivos de interés económico y tipos de suelos donde se han aplicado. Estos contribuyen a un mejor aprovechamiento de los nutrientes en el suelo por las plantas, además ofrecen cierta protección contra patógenos, aumentan la tolerancia al déficit hídrico y un incremento en el rendimiento de los cultivos entre el 30 y 45 % (Rivera et al., 2007).

Conclusiones

Las cepas de HMA aplicadas muestran comportamiento favorable en los indicadores evaluados: crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.

Con la aplicación de la cepa *G. cubense* se obtuvieron los mejores rendimientos del pimiento (*Capsicum annum L.*) en condiciones de casa de cultivo.

Contribución de los autores

1. Beatriz Toledo Cabrera: montaje del experimento, toma de datos, análisis, interpretación, redacción del artículo, revisión final.
2. Gerardo Montero Limonta: planeación de la investigación, análisis de resultados, interpretación, revisión del artículo.
3. Anieska Bazán Delgado: análisis, interpretación, redacción del artículo, elaboración de la plantilla, revisión final.

Conflictos de interés

No se declaran.

Referencias

- Alonso, R., Aguilera, L.I., Rubí, M., González, A., Olalde, V. & Rivas, I.V. (2013). Influencia de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento y desarrollo de *Capsicum annum L.* *Revista Mexicana en Ciencias Agrícolas*, 4(1), 77-88. Recuperado el 20 de mayo de 2018, de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n1/v4n1a6.pdf>
- Angulo, A., Ferrera, R., Alarcón, A., Almaraz, J.J., Delgadillo, J., Jiménez, M., & García, O. (2018). Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema ii en plántulas de 2 variedades de *Capsicum annum L.* inoculadas con rizobacterias u hongos

- micorrízicos arbusculares. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 178-188, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.011>.
- Bell-Mesa, T. D., Osoria-Galan, D., Montero-Limonta, G., & Molina-Lores, L. B. (2017). Efecto de hongos micorrízicos arbusculares sobre Pimiento (*Capsicum annum* L.) en la producción de plántulas en campo antena, santiago de cuba. *Ciencia en su PC*, (4), 53-67. Recuperado el 5 de diciembre de 2019, de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181353794004>
- Casanova Morales, A., Gómez, O., Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., ... Moreno, V. (2007). *Manual para la producción Protegida de hortalizas*. La Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura; Viceministerio de Cultivo Varios; Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova.
- Charles, N. J., & Martín, N. J. (2015). Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo sistema protegido. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 53-62. Recuperado el 4 de abril de 2019, de: http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n1/en_ctr07115.pdf
- Gamboa, L. A. (2015). *Analizar la diversidad morfológica de los hongos micorrízico s arbusculares (HMA) presentes en la rizósfera de Larrea Tridentata*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero en Agroecología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna). Recuperado el 5 de enero de 2019, de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6969/LUIS%20ALEXIS%20GAMBOA%20CRUZ.pdf?sequence=1>
- García, A. G., Hernández, N., Méndez, V., Toscano, M., Mulling, M., Mosquera, D. & Chong (2007). Genotipos de frijol con uso eficiente del fósforo. En *Memoria del Taller Regional sobre Manejo de la Nutrición del Frijol Común en Condiciones de Estrés*. (56p.). Cali Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Gerdemann, J.W., & Nicolson, T.H. (1963). *Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting*. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 46(2), 235-244, doi: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)
- Giovanetti, M., & Mosse, B. (1980). *An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots*. *New Phytol*, 84, 489-500. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>
- González, P. J., Arzola, J., Morgan, O., Rivera, R., Plana, R., & Fernández, F. (2008). Manejo de las asociaciones micorrízicas en pastos del género *Brachiaria*, cultivados en suelos ferralítico rojo y pardo mullido. *Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)*. [CD-ROOM]. La Habana, Cuba: INCA.
- Gregersen, H. M., & Contreras A. R. (1980). *Análisis económico de proyectos forestales*. Roma: FAO. Recuperado el 12 de mayo de 2019, de: <http://www.fao.org/3/a-ap346s.pdf>
- Herrera R.A., Ferrer R.L., Furrázola E. & Orozco M.O. (1995). Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica. Ecosistemas, Evolución y Procesos sociales. En M. Monasterio (Eds.), *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, Diversidad Biológica*, Mérida, Colombia.
- Jiménez Montejó, G., Ramírez Núñez, Y. & Mena Campos, J. (2014). *Selección de rizobacterias por su antagonismo frente a microorganismos patógenos de cucurbitáceas*. *Agrisost*, 20(2), 1-16. Recuperado el 20 de mayo de 2018, de: <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/334>
- Jiménez Montejó, G., Mena Campos, J., & Ramírez Núñez, Y. (2014). *Control biológico de enfermedades mediante el tratamiento de semillas de cucurbitáceas con rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR)*. *Agrisost*, 20(1), 12-27. Recuperado el 20 de mayo de 2018, de: <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/338>
- Martínez, V., Dibut, B., & Ríos, Y. (2010). Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. *Cultivos Tropicales*, 31(3), 27-31. Recuperado el 20 de mayo de 2018, de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_artt_ext&pid=S0258-59362010000300009
- Montero, L, Duarte, C., Cun, R, & Cabrera, J. A. (2010). Efectividad de biofertilizantes micorrízicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annum* L. var. Verano 1) cultivado EN diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos Tropicales*, 31(3). Recuperado el 18 de marzo de 2019, de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_artt_ext&pid=S0258-59362010000300001&lng=es&tlng=es

- ONEI. Oficina Nacional de Estadística e información . (2016). Anuario Estadístico de Santiago de Cuba. Edición 2017. Recuperado el 20 de enero de 2019, de: http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario_est_provincial/00_santiago_de_cuba.pdf
- Paneque, V. M., Calaña, J.M., Calderón, M., Borges, Y., Hernández, T.C., & Caruncho, M. (2010). *Manual de Técnicas Analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*. La Habana: INCA. Recuperado el 12 de marzo de 2019, de: http://ediciones.inca.edu.cu/files/folleto/folleto_suelos.pdf
- Phillips, J.M., & Hayman, D.S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscularmycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158-161, doi: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Reche, J. (2010). *Cultivo del pimiento dulce en invernadero*. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. (Agricultura. Estudios e informes técnicos). Recuperado el 18 de marzo de 2019, de: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160265Cultivo_Pimiento_Invernadero.pdf
- Rivera, G., Martínez, M.A., Vallejo, S., Alvarez, G., Varga, I., Moya P., & Yúfera, E. (2001). In vitro inhibition of mycelial growth of *Tilletia indica* by extracts of native plants from Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61219213>
- Rivera, R., Fernández, F., Fernández, K., Ruiz, L., Sánchez, C. & Riera, M. (2007). Advances in the management of effective arbuscular symbiosis in tropical ecosystems. In: *Mycorrhizae in Crop Productions*. Hamel, C. y Plenchette, C. (Eds.). The Haworth Press, Inc. USA. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de: https://www.researchgate.net/profile/Ramon_Espinosa/publication/269993713_Advances_in_the_management_of_effective_arbuscular_mycorrhizal_symbiosis_in_tropical_ecosystems/links/550c4e3f0cf2ac2905a3c2fb.pdf
- Rivera, R., Ruiz, L., Martín, G., Pérez, E., Nápoles, M. C., Garcías, M., et al. (2015). *ANEXO INFORME PRIMER SEMESTRE/JUNIO 2015 DEL MEGAPROYECTO. "Manejo conjunto e impacto de biofertilizantes micorrízicos y otros bioproductos en la producción agrícola de diferentes cultivos"*. CÓDIGO: P131LH0010003. Recuperado el 16 de enero de 2020, de: https://www.researchgate.net/publication/294582507_Manejo_conjunto_e_impacto_de_biofertilizantes_micorrizicos_y_otros_bioproductos_en_la_produccion_agricola_de_diferentes_cultivos
- Rivera, P.J. González, A., Hernández, G., Martín, Ruiz, L., Fernández, K.,... Ruiz, M. (2015). *La importancia del ambiente edáfico y del pH sobre la efectividad y la recomendación de cepas eficientes de HMA para la inoculación de los cultivos*. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de: https://www.researchgate.net/publication/279193397_La_importancia_del_ambiente_edafico_y_del_pH_sobre_la_efectividad_y_la_recomendacion_de_cepas_eficientes_de_HMA_para_la_inoculacion_de_los_cultivos
- Rodríguez, Y., Dalpé, Y., Séguin, S., Fernández, F., Fernández, F., & Rivera, R. (October–December 2011). *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *MYCOTAXON*, 118, 337-347, doi: <https://doi.org/10.5248/118.337>
- Ruth, B., Khalvati, M., & Schmidhalter, U. (2011). Quantification of mycorrhizal water uptake via high-resolution on-line water content sensors. *Plant Soil*, 342(1-2), 459–468, doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0709-3>
- Schüßler, A., & Walker, C. (2011). *Evolution of Fungi and Fungal-Like Organisms* (1st ed., Vol. 14, pp. 164-185). (The Mycota: A Comprehensive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research). Heidelberg, Germany: Springer. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de: <https://research-repository.uwa.edu.au/en/publications/evolution-of-the-plant-symbiotic-fungal-phylum-glomeromycota>
- Trouvelot, A., Kough, J., & Gianinazzi, V. (1986). *Mesure du taux de mycorrhization VA d'un systeme radiculaire. Recherche de methods d'estimation ayant une signification fonctionnelle*. En *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae : proceedings of the 1st european symposium on mycorrhizae*, Dijon. (pp. 217-221). Paris: INRA.